



Automaatiokeskussuunnittelu

Jätevedenpuhdistuslaitos

Erkka Muurila

Opinnäytetyö
Toukokuu 2013
Kone- ja tuotantotekniikka
Kone- ja laiteautomaatio

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikka
Kone- ja laiteautomaatio

Erkka Muurila
Automaatiokeskussuunnittelu
Jätevedenpuhdistuslaitos

Opinnäytetyö 28 sivua, josta liitteitä 1 sivu
Toukokuu 2013

Tämä opinnäytetyö on tehty Jotel Oy:lle. Loppuasiakkaana on Wavin-Labko Oy. Opinnäytetyö on osa laajempaa tuotekehityskokonaisuutta. Tässä opinnäytetyössä keskitytään jätevedenpuhdistuslaitoksen automaatiokeskuksen prototyypin suunnitteluun ja toteutukseen. Kyseessä on kolmas prototyyppi, ja kirjoittaja on osallistunut myös kahden aikaisempaan.

Opinnäytetyössä käsitellään melko laajasti komponenttien valintaan liittyviä asioita ja selvitetään, miksi tiettyyn ratkaisuun on päädytty. Lähtökohtana on ollut tehdä keskuksesta asiakkaan tarpeita vastaava ja hinnaltaan kilpailukykyinen tuote.

Lopputuloksena syntyi toimiva prototyyppi, jonka tuotantokustannukset pysyivät alhaisina ja joka voi vielä joskus olla pohjana tuotantomallille.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Mechanical and Production Engineering
Machine Automation

Erkka Muurila
Automation Center Planning
Wastewater Treatment Plant

Bachelor's thesis 28 pages, appendices 1 page
May 2013

This bachelor's thesis was commissioned by Jotel Oy. The end customer was Wavin-Labko Oy. The thesis belongs to a larger product development process. The thesis concentrates on the design and manufacture of the third prototype of an automation center used in a wastewater treatment plant. The writer has been working for the process since the first prototype.

The thesis deals with the selection process of the components and explains the solutions that were made in the design. The aim was to create an automation center which corresponds to the customer's needs and has a competitive price.

The end result was a functional prototype with low production costs. The prototype may be used as a basis for a future production model.

Key words: electrical center, automation center, wastewater treatment plant

SISÄLLYS

1	LYHENTEET JA TERMIT	5
2	JOHDANTO	6
3	YRITYSESITTELYT.....	7
3.1	Jotel Oy.....	7
3.2	Wawin-Labko Oy.....	7
4	PROJEKTIN TAUSTOJA	8
5	PROJEKTIN LÄHTÖKOHTIA.....	9
5.1	Tavoitteet	9
5.2	Ohjattavat toimilaitteet	9
5.3	Anturit	9
5.4	Keskuksen sähkönsyöttö ja hälytysvalo	10
5.5	IP-luokitus	10
5.6	Keskuksen fyysiset mitat	10
6	KOMPONENTTIEN VALINTA.....	11
6.1	Kotelon valinta.....	11
6.2	Ohjelmoitava älyrele	12
6.3	Vikavirtasuojat ja johdonsuojat	13
6.4	Kemikaalianturi, ylä- ja alaraja-anturit	13
6.5	Pistorasiat.....	14
6.6	Pikaliittimet.....	15
6.7	Läpiviennit.....	16
6.8	Riviliittimet.....	16
6.9	Virtalähde 24VDC	17
6.10	Johtimet	18
7	OHJELMOITAVAN ÄLYRELEEN TULOT JA LÄHDÖT	19
7.1	Tulot	19
7.2	Lähdöt.....	19
8	SÄHKÖKUVIEN PIIRTÄMINEN	20
9	ÄLYRELEEN OHJELMOINTI.....	21
9.1	Älyreleen yleiset funktiot	21
9.2	Ohjelma	22
10	Laitteiston testaus.....	24
10.1	Ensimmäiset testit	24
10.2	Asiakkaan testit	24
11	POHDINTA	26
	LÄHTEET	27
	LIITTEET.....	28
	Liite 1. Sähkökuva.....	28

1 LYHENTEET JA TERMIT

FBD	Function Block Diagram, standardin mukainen ohjelmointikieli, jota on käytetty tässä opinnäytetyössä
ohjelmoitava älyrele	rele, joka ohjaa toimilaitteita releen muistiin sijoitetun ohjelman mukaisesti
lähtö (output)	lähtöjen kautta älyrele ohjaa toimilaitteita
sisääntulo (input)	sisääntulojen kautta älyrele saa tietoa järjestelmän tilasta
VAC	Voltage in alternating current. Jännite, vaihtosähkö.
VDC	Voltage in direct current. Jännite, tasasähkö.

2 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön aiheena on Wavin-Labko Oy:n haja-asutusalueiden jätevedenpuhdistuslaitoksen automaation suunnitteleminen ja toteuttaminen. Käytännössä automaatio-suunnitteluun kuuluu automaatiokeskuksen suunnittelu sekä ohjelmoitavan älyreleen ohjelmiston tekeminen.

Työ on osa laajempaa tuotekehityskokonaisuutta, mutta tässä työssä perehdytään ainoastaan kolmannen prototyypin suunnitteluun ja toteutukseen. Ensimmäinen prototyyppi valmistettiin kesällä 2011 ja toinen syksyllä 2011. Tämän työn aiheena olevaa keskusta verrataan aiempiin prototyypeihin sekä vuodesta 2005 valmistuksessa olleeseen Bio-kem 6-15 tuotteeseen.

3 YRITYSESITTELYT

3.1 Jotel Oy

Jotel Oy on elektroniikkalaitteiden, piirilevykokoonpanojen sekä automaatio- ja sähkökeskusten sopimusvalmistaja. Nykyinen Jotel Oy syntyi elokuussa 2009 kun kangasalalainen elektroniikan sopimusvalmistaja Jotel Oy sulautui Kristiinankaupungista kotoisin olleeseen sähkö- ja automaatiokeskuksia valmistaneeseen Ab Sa-Ny Oy:hyn. Keskusvalmistus siirtyi Tampereelle vuoden 2009 aikana. Jotel on kaksitoimipaikkainen yritys. Kangasalan toimipiste harjoittaa elektroniikkateollisuutta ja Tampereella sijaitseva toimipiste sähkö- ja automaatiokeskusten valmistusta. (Jotel Oy 2012)

3.2 Wavin-Labko Oy

Wavin-Labko Oy on suomalainen yritys, jolla on yli 45 vuoden kokemus erilaisten muovituotteiden suunnittelusta, valmistuksesta ja myynnistä. Tuotevalikoima kattaa liike- ja palvelurakentamisen erotinkaivojärjestelmät, haja-asutusalueiden jätevesienkäsittelyratkaisut, kiinteistö- ja kunnallistekniikan, putkisto- ja kaivojärjestelmät sekä huole- ja sadevesien käsittelyjärjestelmät.

Wavin-Labkon omistaa Wavin Group, joka on Euroopan johtava muovisten putkistojärjestelmien valmistaja. Jätevesienkäsittelyjärjestelmissä Wavin-Labko tarjoaa Suomen laajimman tuoteperheen. Valikoimasta löytyy sopivia ratkaisuja erilaisten kiinteistöjen ja vapaa-ajanasuntojen tarpeisiin. Lisäksi valikoimasta löytyy suurempia kyläyhteisöiden käyttöön tarkoitettuja jätevesienkäsittelyjärjestelmiä. (Wavin-Labko Oy 2012)

4 PROJEKTIN TAUSTOJA

Wavin-Labko kehitti noin kymmenen vuotta sitten kiinteistökohtaisen panospuhdistamomallisarjan, josta löytyy kolme erikokoista laitteistoa: alle kuudelle henkilölle Biokem 6, alle kymmenelle henkilölle Biokem 10 ja alle viidelletoista henkilölle Biokem 15. Näitä kaikkia voidaan ohjata samanlaisilla Biokem 6-15 automaatiokeskuksilla. Suurimmalla eli Biokem 15 laitteistolla voidaan käytännössä hoitaa kolmen talouden jätevedenpuhdistus. Biokem tuotevalikoimasta löytyy myös sopiva laitteisto esimerkiksi rivitalojen ja useampien kiinteistöjen jätevesien puhdistukseen, aina yhdeksäänkymmeneen henkilöön asti (Biokem 20-90). Lisäksi Wavin-Labko voi räätälöidä jopa viidensadan henkilön tarpeita vastaavan järjestelmän.



KUVA 1. Biokem 6-15

5 PROJEKTIN LÄHTÖKOHTIA

5.1 Tavoitteet

Tavoitteena työssä on suunnitella edullinen ja varmatoiminen automaatiokeskus asiakkaan vaatimusten ja toiveiden mukaisesti. Keskuksen komponentit valitaan asiakkaan ilmoittamien tietojen perusteella ja ohjelmoitava älyrele ohjelmoidaan vastaamaan jäteveden puhdistuksessa tarvittavan prosessin kulkua. Koska kyseessä on kuluttaja-asiakkaille suunnattu laite, on tärkeää tehdä keskuksesta siisti ja turvallinen. Asetusten säätäminen tulee toteuttaa siten, että maallikkokin pystyy tarvittaessa säätämään laitteiston toimintaa.

5.2 Ohjattavat toimilaitteet

Järjestelmällä tullaan ohjaamaan neljä toimilaitetta: kompressori (230VAC), magneettiventtiili (230VAC), kemikaalipumppu (230VAC) ja letkupumppu (24VDC). Asennuksesta ja rikkoutuneiden osien vaihtamisesta halutaan asiakasystävällistä, joten toimilaitteiden kytkeminen automaatiokeskukseen halutaan tapahtuvan pikaliittimillä.

Tämänhetkisessä tuotantomallissa toimilaitteita ohjataan releiden välityksellä, mutta tässä projektissa olisi syytä miettiä voidaanko ohjaus hoitaa suoraan älyreleen koskettimilla. Aiemmin ongelmia on tuottanut älyreleen ja toimilaitteiden välinen etäisyys, mutta se ei tässä tule olemaan ongelma, koska sekä keskus, että toimilaitteet sijaitsevat samassa laitetilassa.

5.3 Anturit

Järjestelmää ohjaa ohjelmoitavassa älyreleessä oleva kello sekä kolmelta uimurianturilta tuleva tieto. Yksi antureista tarkkailee kemikaalisäiliössä olevan kemikaalin määrää ja kaksi muuta anturia tarkkailee kaivossa olevan jäteveden pinnan ylä- ja alarajaa. Myös anturit halutaan kytkeä automaatiokeskukseen pikaliittimillä, jolloin esimerkiksi rikkoutuneen anturin voi vaihtaa loppuasiakas ilman, että sähköasentaja käy paikalla.

5.4 Keskukseen sähkönsyöttö ja hälytysvalo

Ainakin prototyyppivaiheessa sähkönsyöttö halutaan hoitaa pistotulppakaapelilla suoraan suko-rasiasta. Kaapelin tulisi olla pituudeltaan noin kaksi metriä. Tämä asennusta pa sekoittaa keskuksen sisällä nollan ja vaiheen. Riippuen kumminpäin pistotulpan laittaa rasiaan kulkee vaihe joko sinisissä tai mustissa kaapeleissa. Tästä ei ole kuitenkaan haittaa tässä tapauksessa.

Hälytysvalo tullaan sijoittamaan laitesuojan ulkopuolelle, joten kaapelia tulisi olla noin kolme metriä. Hälytysvalon tulee olla punainen ja se on koteloitava siten, että se kestää sadetta. Eri ongelmat ilmaistaan valon jatkuvana palamisena ja vilkkumisena.

5.5 IP-luokitus

IP-luokan, eli suojauksen pölyä ja vettä vastaan tulee olla riittävä. Keskukseen asennus tapahtuu jätevesikaivon päällä olevaan laitesuojaan, joten laite on käytännössä ulkona. Kaivosta nouseva kosteus voi myös aiheuttaa ongelmia, joten tiiveydeltä vaaditaan melko paljon. Käytännössä tämä tarkoittaa, että keskuksen tulisi vähintään olla suojattu pölyltä ja kestää vesiruihu joka suunnasta.

5.6 Keskukseen fyysiset mitat

Laitesuoja, johon keskus tullaan sijoittamaan, sisältää prosessin toiminnalle tärkeät komponentit, eli kemikaalisäiliön, kemikaalipumpun, ilmastus kompressorin ja poistopumpun. Suoja on muovista ja se on yritetty saada mahdollisimman pieneksi ja ympäristöön sopivaksi. Edellä mainittujen seikkojen vuoksi on tärkeää, että kotelo ei olisi enempää kuin 400 mm leveä ja 500 mm korkea.

6 KOMPONENTTIEN VALINTA

6.1 Kotelon valinta

Wavin-Labkon aiemmassa tuoteperheessä (Biokem 6-15) komponentit on sijoitettu kahden erilliseen koteloon. Toinen sijaitsee kaivon päällä olevassa laitesuojassa ja toinen talon sisällä. Talon sisälle asennettavaan keskukseen on asennettu vikavirtasuojaja, johdonsuojat, ohjelmoitava älyrele ja ohjausreleet. Kotelo on tyypiltään Schneider Kaedra 13191 ja ulkoisilta mitoiltaan 340 mm x 335 mm. Toinen kotelo on asennettu laitesuojan sisään ja se on sisältänyt pistorasialähdöt toimilaitteille, kemikaalianturin ja testipainikkeen. Kotelon tyyppi on Schneider Kaedra Mini 13442 ja mitoiltaan 159 mm x 200 mm.

Uuden järjestelmän hintaa on haluttu laskea, jonka seurauksena kaikki osat tullaan asentamaan yhteen koteloon, joka tullaan sijoittamaan jätevesikaivon yläpuolelle olevaan laitesuojaan. Paketista tulee kompaktimpi ja näin vältetään myös ohjauskaapeleiden vetämiseltä jätevesikaivolta sisälle taloon.

Koska Schneiderin Kaedra-sarja on ollut käytössä aiemmissakin Wavin-Labkon jätevedenpuhdistuslaitteistoissa ja se on osoittautunut hyväksi ja edulliseksi koteloksi, päätettiin myös tässä lähteä etsimään sopivaa koteloa kyseisestä sarjasta. Koska oli tiedossa, että koteloon joudutaan asentamaan letkupumpun vaatima 24 voltin virtalähde ja aiemmin erillisessä kotelossa olleet pistorasiat, oli valittava suurempi kotelo kuin mitä aiemmin on ollut käytössä.

Leveydeltään uuden kotelo tulisi olla vähintään kahdentoista moduulin levyinen, johtuen vikavirtasuojan, johdonsuojien ja ohjelmoitavan älyreleen leveydestä. Kahdentoista moduulin levyinen kotelo on leveydeltään 340 mm ja leveämpi kahdeksantoista moduulin levyinen kotelo on leveydeltään 448 mm. Koska lähtötiedoissa oli annettu kotelon maksimi leveydeksi 400 mm, oli valittava kapeampi. Kotelon korkeuden maksimiksi oli määritetty 500 mm, joten valittiin 460 mm korkea Schneider Kaedra 13181. Etuna tässä mallissa on myös mahdollisuus asentaa pistorasiat kotelon kanteen. Aiemmin pistorasiat on asennettu kotelon alaosaan porattuihin reikiin.

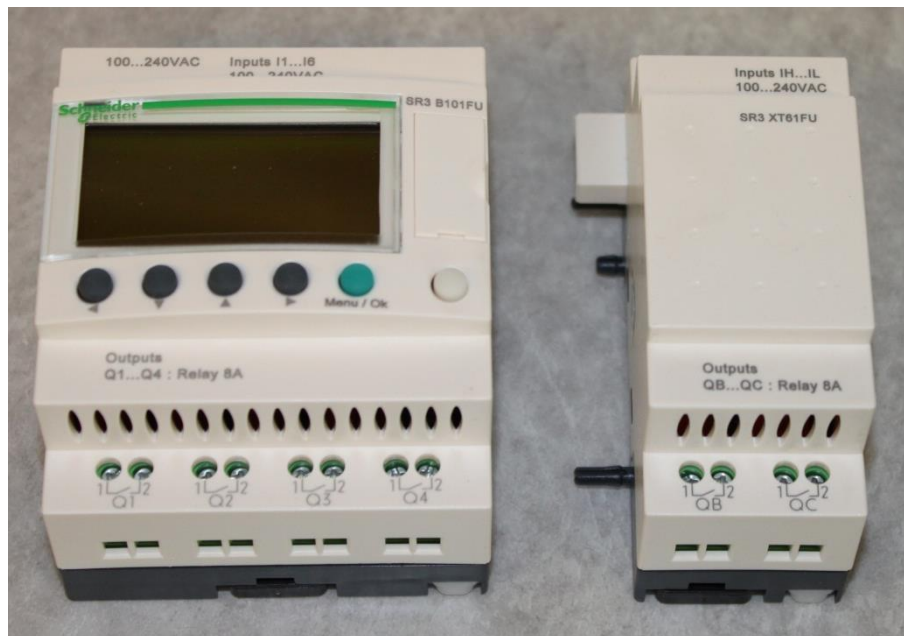
6.2 Ohjelmoitava älyrele

Ohjelmoitavan älyreleen valinnassa piti huomioida seitsemän seikkaa: älyreleen tulisi sisältää toimitilanäytön ja kellon, käyttöjännitteen tulisi olla 230VAC, hinnan kohtuullinen, saatavuuden hyvä ja lähtöjä (output) olisi oltava vähintään viisi ja sisääntuloja (input) vähintään seitsemän. Aiemmissa malleissa on käytetty Schneider Zelio SR2B121FU älyrelettä, jossa on kahdeksan sisääntuloa ja neljä lähtöä. Schneider on todettu hyväksi, mutta tätä projektia varten päätettiin vertailla eri vaihtoehtoja. Vertailuun otettiin Eaton, Schneider ja Array.

Eaton tarjosi Easy 700-sarjan Easy719-AC-RC älyrelettä, joka sisältää 12 digitaalista sisääntuloa ja 6 lähtöä. Sisääntulojen ja lähtöjen määrä olisi ollut riittävä, mutta koska kyseinen älyrele on leveydeltään 8 moduulia, joten se ei tulisi mahtumaan valittuun koteloon. Eatonin kapeammat älyreleet taas eivät sisältäisi tarvittavaa määrää lähtöjä. Ohjelmointikielikin tuntui melko kankealta eikä hintakaan ollut edullinen, joten Eaton karstiutui pois.

Arrayn tarjoamassa SR-22MRAC älyreleessä oli sama ongelma kuin Eatonissa, eli leveydeltään se on 8 moduulia. Jotelille vieraana merkkinä Array päätettiin myös sivuuttaa, koska hintakaan ei ollut edullinen. Miksi vaihtaa hyvää komponenttitoimittajaa ilman syytä.

Schneiderilta sen sijaan löytyi neljän moduulin levyinen Zelio SR3XT101FU, jonka pystyy laajentamaan kahden moduulin levyisellä Zelio SR3XT61FU:lla käyttötarkoitukseen sopivaksi. Näin älyreleen kokonaisleveydeksi tuli kuusi moduulia. Lähtöjä kyseissä kokoonpanossa on kuusi ja sisääntuloja kymmenen. Koska hinta oli edullisin ja kyseisestä valmistajasta on hyviä kokemuksia, valinnaksi muodostui Schneider.



KUVA 2. Schneider Zelio SR3XT101FU + SR3XT61FU

6.3 Vikavirtasuoja ja johdonsuojat

Yrityksessä käytetään yleisesti ABB:n, Schneiderin ja Eatonin johdonsuojia, eikä hinnassa ole mainittavia eroja, joten merkin valinta oli lähinnä makuasia. Koska kotelo ja älyrele oli valittu Schneiderilta, valikoitui myös vikavirtasuojaksi ja johdonsuojiksi Schneider. Vikavirtasuojaksi valittiin 25 ampeeria kestävä 30mA:n laukaisuvirralla varustettu malli. Johdonsuojat valittiin C-käyräisiksi, koska kompressorin takia haluttiin sallia korkeampia hetkellisiä virtoja.

6.4 Kemikaalianturi, ylä- ja alaraja-anturit

Aikaisemmissa Wavin-Labkon jätevedenpuhdistuslaitteistoissa on ollut käytössä kemikaalianturi, joka tulee sisältymään myös tähän laitteistoon. Kemikaalianturissa on uimuri, joka tarkkailee kanisterissa olevan kemikaalin määrää. Kemikaalianturissa on myös imuletku kemikaalin annostelemiseksi kaivoon. Keskuksen kemikaalipumppu-lähtö ohjaa kemikaalin annostusta kaivoon.

Ylä- ja alaraja-antureina tulevat olemaan samanlaiset uimurit, joita käytetään myös kemikaalianturissa. Kyseinen uimuri on merkiltään pepperl+fuchs ja se on melko edullinen ja luotettava anturi tähän käyttötarkoitukseen.



KUVA 3. Kemikaalianturi

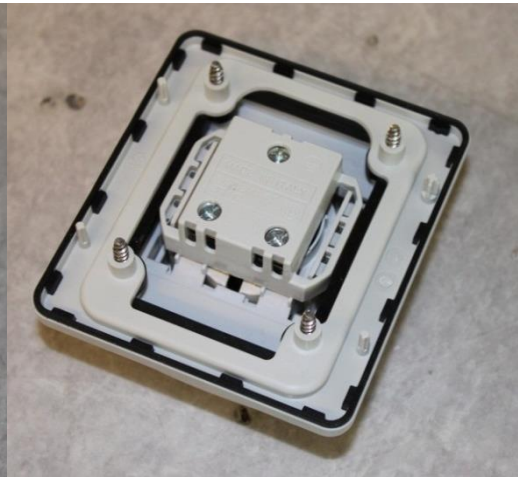
6.5 Pistorasiat

Pistorasioiden kautta ohjataan kompressoria, magneettiventtiiliä ja kemikaalipumppua.

Pistorasiat on aiemmissa tuotteissa sijoitettu kotelon alalaitaan. Koteloon on porattu reikä ja pistorasia kiinnitetty ruuvein. Tähän projektiin oli pakko tehdä erilainen ratkaisu, koska asennuspaikan vuoksi pistorasiat eivät olisi mahtuneet kotelon alalaitaan eikä niitä olisi kotelon rakenteen takia mahdollista asentaa myöskään kotelon kylkiin. Jo kotelon valinnassa otettiin huomioon, että pistorasiat on mahdollista asentaa kanteen. Valittujen pistorasioiden IP-luokka on 65. Edellisissä malleissa on ollut käytössä IP55-rasiat. Koska pistorasiat ovat olleet heikoin lenkki IP-luokituksen osalta, nostaa nyt valitut pistorasiat koko keskuksen IP-luokkaa IP55:stä IP65:ksi. Tämä asennustapa lisäksi helpottaa asennusta ja tekee keskuksesta siistimmän näköisen. Tässä käytetyt pistorasiat ovat hinnaltaan hivenen kalliimpia kuin aiemmissa järjestelmissä käytetyt, mutta asennuksen helppouden seurauksena työajan lyheneminen taas kompensoi hintaeroa siten, että lopullisen tuotteen hintaan ei pistorasia valinnalla tule olemaan juurikaan merkitystä.



Kuva 4. Pistorasia edestä



Kuva 5. Pistorasia takaa

6.6 Pikaliittimet

Antureille ja 24VDC:n letkupumpulle oli valittava pikaliittimet helppoa asennusta ja rikkoutuneen komponentin vaihtoa varten. Asiakas toivoi Harting-merkkisiä liittimiä, joten kyseiseltä valmistajalta etsittiin sopivat liittimet. Antureille ja letkupumpulle olisi riittänyt kaksinapaiset liittimet, mutta koska sopivia liittimiä ei ollut tarjolla kaksinapaisina, valittiin letkupumpulle nelinapainen liitin. Koska haluttiin välttää siltä, että letkupumppu vahingossa kytketään anturille tarkoitettuun liitimeen, valittiin antureille viisinapaiset liittimet. Tuotantoversio todennäköisesti tulee sisältämään erityyppiset liittimet, johtuen nyt valittujen liittimien melko kalliista hinnasta.



KUVA 6. Viisinapainen Harting-liitin



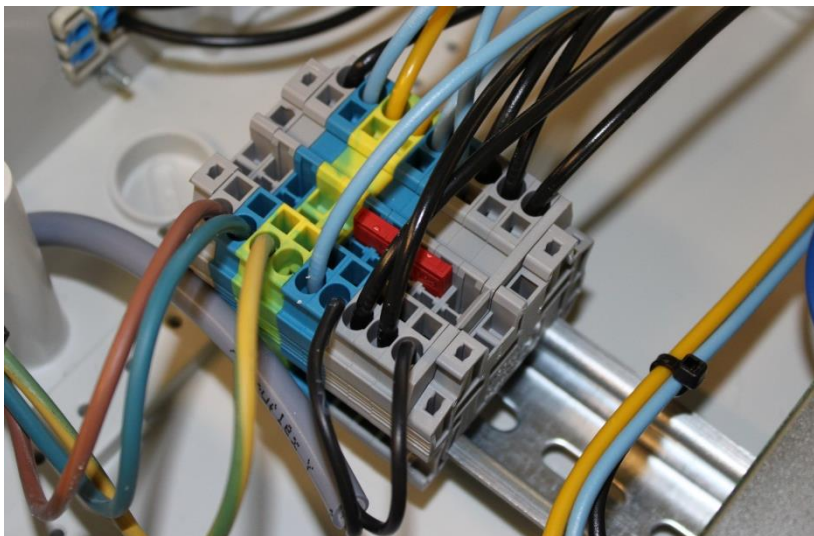
KUVA 7. Neljänapainen Harting-liitin

6.7 Läpiviennit

Syöttökaapeli ja hälytysvalo tarvitsivat läpiviennit. Koska tähän tarvittiin tiiveyttä ja vedonpoistoa valinnaksi muodostui holkkitiiviste. Syöttökaapelille sopiva holkkitiiviste oli Bimed M20 ja hälytysvalolle Bimed M16. M-liite tarkoittaa holkkitiivisteiden kierteen kokoa, joka on siis sama kuin reiän halkaisija, johon holkkitiiviste kiristetään kotelossa.

6.8 Riviliittimet

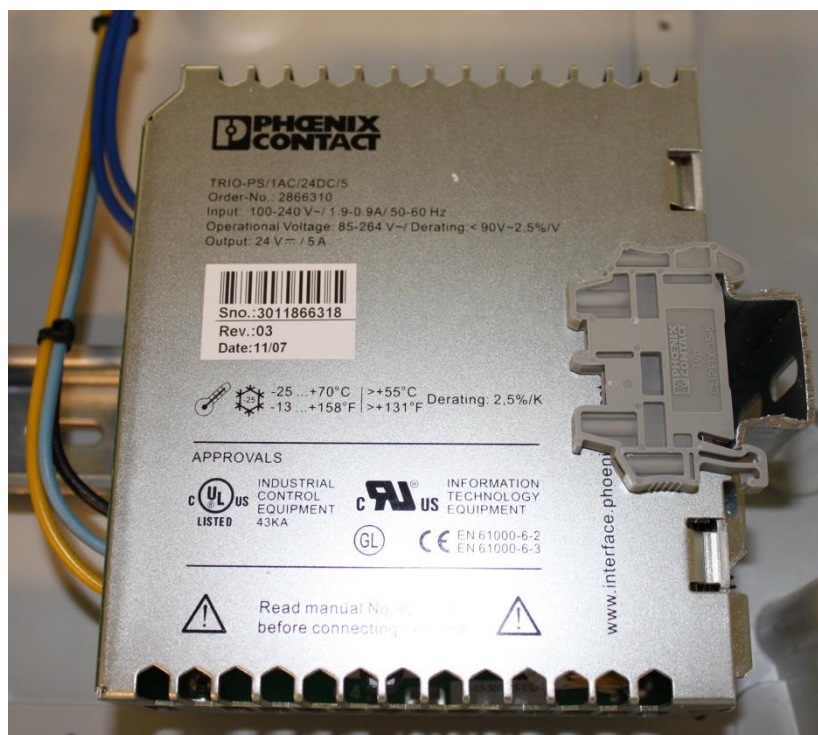
Jotel Oy käyttää kaikissa keskuksissaan Phoenix Contact -merkkisiä riviliittimiä, joten lähtökohta oli, että tässäkin tuotteessa käytetään kyseisen valmistajan liittimiä. Asiakas ei esittänyt toiveita siitä, ovatko riviliittimet jousi- vai ruuvipuristeisia, joten valitsin itseäni enemmän miellyttävän jousipuristeisen ST-sarjan. Koska syöttökaapelina käytettävän kumikaapelin johtimien poikkipinta-alat ovat $2,5 \text{ mm}^2$ ja koska sitä suurempia johtimia ei keskukseseen tule, riittää riviliittimiksi ST2,5. Suojamaaliittimenä käytetään ST2,5-PE ja nollaliittimenä ST2,5-B.



KUVA 8. Phoenix Contact ST-sarjan jousipuristeiset riviliittimet

6.9 Virtalähde 24VDC

Letkupumppu tarvitsee toimiakseen 24 voltia tasajännitettä. Letkupumppu ottaa enimmillään neljän ampeerin virran. Oli siis löydettävä kyseisiin kriteereihin sopiva din-kiskoon kiinnitettävä virtalähde. Jotelin komponenttitoimittajilta ei löytynyt suoraan koteloon sopivaa, tarpeeksi matalaa virtalähdettä, joten oli ainakin tässä prototyypivaiheessa valittava virtalähde, jonka saisi jollakin muulla tavalla asennetuksi koteloon. Tähän keskukseen riviliittimet toimittavalta Phoenix Contactilta löytyi sopiva 24 voltin ja 5A:n virran antava TRIO-PS/1AC/24DC/5-virtalähde, jonka sai asennettua koteloon taivuttamalla din-kiskon pään pystyasentoon. Pyrkimyksenä oli pitää komponenttitoimittajien luettelo melko pienenä komponenttien tilauksen helpottamiksi ja rahtikulujen säästämiseksi, joten Phoenix Contact olisi hyvä toimittaja myös tuotantomallia ajatellen.



KUVA 9. Virtalähde Phoenix Contact TRIO-PS/1AC/24DC/5

6.10 Johtimet

Tässä projektissa keskuksen sisäinen johdotus tehtiin 1,5 mm² MKEM-asennusjohtimilla. MKEM on monisäikeinen, hienolankainen johdin, jota käytetään kiinteissä asennuksissa asennusputkessa sekä keskuksissa. Tuotantovaiheeseen tultaessa johtojen koot tulevat olemaan pääasiassa 0,75 mm² MKJ-johtimia, koska johdonsuojat ovat kaikki alle neljän ampeerin, jolloin voidaan käyttää pienempää pinta-alaa kuin tässä prototyypissä.

TAULUKKO 1. Käytettävät johdinvärit

Johdin	Väri
Vaihejohtimet	Musta
0-johtimet	Vaalean sininen
Suojamaajohtimet	Keltavihreä
24VDC-johtimet	Tumman sininen

7 OHJELMOITAVAN ÄLYRELEEN TULOT JA LÄHDÖT

Yhtenä älyreleen valintakriteerinä oli tulojen ja lähtöjen määrä. Suunnittelun alkuvaiheessa oli jo tiedossa, että tuloja tulisi olla seitsemän ja lähtöjä viisi, joista yksi on varalla.

7.1 Tulot

Älyreleen tulot ovat digitaalisia eli niiden tila on joko päällä (1) tai pois (0). Tulot menevät päälle kun niihin tulee yli 200 voltin vaihtojännite. Asiakas halusi älyreleen ohjelman tietävän jokaisen neljän johdonsuojan tilan, eli onko johdonsuoja auki vai kiinni. Johdonsuojilta siis kytketään johdot suoraan neljään tuloon. Lisäksi älyreleen ohjelman tulee tietää kaivossa olevan jäteveden pinnankorkeuden ala- ja ylärajan. Pinnan laskiessa liian alas ei prosessi pysyisi toiminnassa. Pinnan noustessa taas liian ylös kaivo tietenkin tulvisi yli. Viimeisenä tulotietona on kemikaalisäiliön sisältämän kemikaalin alaraja. Ennen kemikaalin loppumista laitteisto ilmoittaa hälytysvalolla kemikaalin vähyydestä, jolloin kyseisen laitoksen käyttäjä osaa hankkia sitä lisää.

7.2 Lähdöt

Älyreleen lähdöt kestävät 8 ampeerin virran, joten erillisiä apureita ei tarvita, vaan älyrele ohjaa suoraan toimilaitteita. 230 VAC:n toimilaitteet (3 kpl) kytketään keskusseen suko-pistorasioiden välitykselle, joten johdotus tulee tehdä älyreleeltä suoraan pistorasian vaiheliittimeen. Neljäs lähtö ohjaa 24VDC:n virtalähdettä, josta letkupumppu saa suoraan sähkönsä.

8 SÄHKÖKUVIEN PIIRTÄMINEN


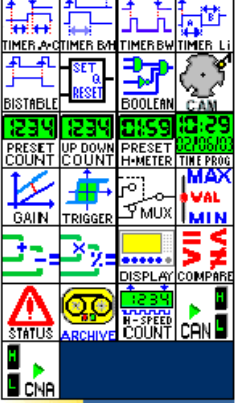
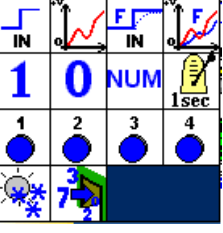

Sähkökuvia piirtäessä oli tärkeä huomioida toimilaitteiden ottamat virrat ja mitoittaa sen mukaan johdonsuojat sopivan kokoisiksi. Johtimien poikkipinta-alojen riittävyys on myös huomioitava, mutta tässä kehitysvaiheessa päätettiin kaikki johtimet valita poikkipinnaltaan $1,5 \text{ mm}^2$, joka on riittävä kaikkiin, koska keskuksen syöttö tulee 10 ampeerin sulakkeen takaa. Sähkökuva piirrettiin CADS 15 ohjelmalla hyödyntäen ohjelmistoon kuuluvaa piirrosmerkkipankkia ja lisäämällä siihen muutama uusi merkki. Sähkökuvista pyrittiin saamaan yksinkertaiset ja selkeät. Sähkökuva liitteenä.

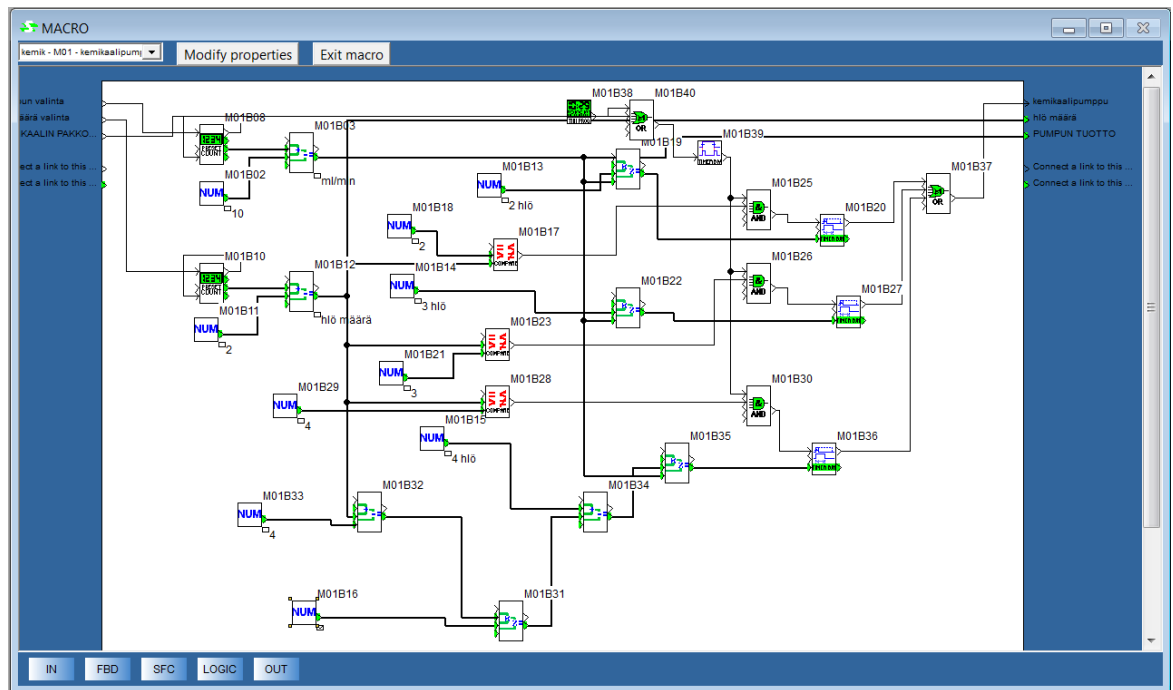
9 ÄLYRELEEN OHJELMOINTI

9.1 Älyreleen yleiset funktiot

Älyrele sisältää valmiina monenlaisia funktioita ja toimintoja. Jos ohjelmasta ei löydy valmiina jotain tiettyä funktiota voi sen melko varmasti kasata itse yhdistelemällä erilaisia funktioita ja tekemällä niistä macroja. Macro:t ovat siis useita funktioita sisältäviä ohjelman osia ja niitä käyttämällä ohjelmasta saa selkeämmän. Taulukossa 2 on esitelty joitakin älyreleen valmiista funktioista.

TAULUKKO 2. Älyreleen funktioita

	<p>Perus funktiot JA, EI-JA, EI-TAI, EI, TAI ja ERI. Eli kyseisen funktion lähtö tulee vaikuttuneeksi jos funktion edellyttämä tapahtuma on tosi.</p>
	<p>Monipuolisempia funktioita. Ohjelmoitava rele pitää sisällään kellon, analogia signaalien vertailutyökaluja, muutamia laskuyhtälöitä sekä erilaisia ajastimia ja laskureita. Lisäksi löytyy funktioita joilla saa tekstiä releen LCD-näyttöön.</p>
	<p>Tulojen herkkyyttä pystyy vaihtamaan nopean ja hitaan välillä. Jokaiselta releessä olevalta napilta tulee myös sisääntulotieto, jota voidaan ohjelmassa käyttää.</p>
	<p>Lähtöpuolella on releen kärkien ohjauksen lisäksi mahdollisuus ohjata releen LCD-näytön taustavaloa.</p>



KUVA 11. Kemikaalipumpun ohjaus

Kuten on jo aiemmin mainittu, oli käyttäjäystävällinen säädettävyyys tässä ohjelmassa keskeistä. Kemikaaliannostelun määrään vaikuttaa käyttäjän valitsema henkilömäärä sekä käytettävän kemikaalipumpun tuotto. Ilman säätömahdollisuuksia yllä oleva kemikaalipumpun ohjaus olisi voitu toteuttaa yhdellä funktiolla; ajastimella. Säädettävyyden takia kuitenkin tarvittiin yllä oleva määrä funktioita, jotta saatiin haluttu toiminta ja käyttäjäystävällinen säädettävyyys aikaan. Ohjelma sisältää paljon numeroarvoja, laskureita, numeroiden vertailijoita sekä erilaisia laskutoimituksia, jotka edelleen ohjaavat ajastimen kautta kemikaalipumppua syöttämään haluttu määrä kemikaalia kaivoon.

10 Laitteiston testaus

10.1 Ensimmäiset testit

Yksinkertaisuudessaan ensimmäisen vaiheen testaus sisälsi ohjelman vertaamista alkuperäisiin lähtötietoihin, jotka asiakas oli asettanut. Ohjelman releelle syöttämisen jälkeen ohjelmaa pystyy tarvittaessa seuraamaan myös tietokoneelta. Tämä oli oiva apuväline kun tarkasteli ohjelman toimivuutta ja mahdollisia virheitä. Käytännössä ohjelman testaus oli lähinnä ohjelmakierron oikean toiminnan toteutamisesta. Antureiden vaikutus ohjelman kiertoon oli myös testattava ja haettava erilaisia konfliktitilanteita, joissa eri anturit antavat samaan aikaan risteäviä tietoja.

10.2 Asiakkaan testit

Ensimmäisten testien jälkeen keskus toimitettiin tilaajalla, joka jatkoi omien testiensä tekemistä. Ohjelmaan tehtiin useampaan otteeseen pieniä muutoksia, jotta laite ohjaisi vedenpuhdistusprosessia asiakkaan toivomalla tavalla. Lähinnä säädöt koskivat prosessin syklin eri vaiheiden aikasuhteita.

Viimeinen päivitys suoritettiin asiakkaan testausalueella Tampereen Veden Raholan jätevedenpuhdistuslaitoksen tiloissa Pyhäjärven rannalla.



KUVA 12 Poistopumppu



KUVA 13 Kemikaalipumppu



KUVA 14 Laitteisto Raholassa

11 POHDINTA

Keskuksesta ja ohjelmasta tuli halutunlainen. Itse olen tyytyväinen työni tuloksiin ja asiakkaan näkemys oli myös positiivinen. Keskuksen fyysiset mitat kuitenkin olivat liian suuret vaikka kotelo olikin valittu lähtötietojen perusteella. Suunnittelu ja toteutus olivat kuitenkin kokonaisuudessaan asiakkaan mielestä hyvä kehitysaskel tässä tuotekehitysprojektissa. Myöhemmin asiakas tulee vielä teettämään seuraavan kehitysversion ohjausjärjestelmässä ja siinä tullaan tarkemmin huomioimaan fyysiset mitat. Lisäksi tämän keskuksen myötä on asiakkaalle herännyt uusia ideoita ja toiveita, jotka tullaan seuraavassa keskuksessa huomioimaan. Kehitys voi johtaa esimerkiksi siihen, että komponentit tullaan sijoittamaan kahteen koteloon, joista toinen sijoitetaan laitesuojaan ja toinen sisälle taloon.

Tämän työn myötä olen oppinut ohjelmoimaan älyreileitä ja saanut laajan käsityksen erilaisista funktioista, joita logiikkaohjelmointi sisältää. Lisäksi olen oppinut laatimaan sähkökaavioita ja layout kuvia. Olen myös päässyt tutustumaan paremmin kustannuslaskentaan ja oppinut ymmärtämään komponenttien valinnan tärkeyden lopputuotteen hinnanmuodostukseen ja taloudellisiin vaikutuksiin kun kyseessä on sarjatuotanto.

LÄHTEET

KUVA 1 <http://www.wavin-labko.fi/tuotteet/jatevesijarjestelmat/panospuhdistamot/>

Jotel Oy. 2012. Yritys. Luettu 3.7.2012. <http://jotel.com/>

Wavin-Labko Oy. 2012. Yritysesittely. Luettu 3.7.2012. http://www.wavin-labko.fi/wavin-labko_oy/yritysesittely/

